

Tony Holappa

## **Ruuvipaaluperustus, vaihtoehtoinen perustamistapa**

Opinnäytetyö

Syksy 2014

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## **Opinnäytetyön tiivistelmä**

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Tony Holappa

Työn nimi: Ruuvipaaluperustus, vaihtoehtoinen perustamistapa

Ohjaaja: Arto Saariaho

Vuosi: 2014 Sivumäärä: 49 Liitteiden lukumäärä:1

---

Tämän opinnäytetyön aiheena käsitellään ruuvipaaluperustusta vaihtoehtoisena perustusmenetelmänä. Opinnäytetyö kertoo ruuvipaaluista, niiden teknisistä ominaisuuksista, käyttökohteista ja asennuksesta. Opinnäytetyö sisältää myös kustannusvertailun, jossa esimerkki kohdetta hyödyntäen vertailtiin ruuviperustuksen ja antura-harkkoperustuksen kustannuseroa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on esitellä ruuviperustuksen edut ja mahdolliset haitat ratkaisuihin. Opinnäytetyössä on hyödynnetty sekä teoriaa että käytännönkokemusta.

Avainsanat: ruuvipaalu, perustus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Tony Holappa

Title of thesis: Screw pile foundation, an alternative foundation model

Supervisor: Arto Saariaho

Year: 2014

Number of pages: 49

Number of appendices: 1

---

The thesis deals with a screw pile foundation as an alternative foundation model. The thesis includes a screw pile's technical features, applications and installation. The thesis also includes a cost comparison between a screw pile foundation and a so-called traditional foundation model.

The purpose of the thesis was to present a screw pile's pros and cons with their solutions. In the thesis both theory and practical experiences were used.

Keywords: screw pile, foundation

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	9
1 JOHDANTO .....	10
2 RUUVIPAALUN TAUSTA.....	11
2.1 Ruuvipaalu teoriassa .....	11
2.2 Ruuvipaalun historia .....	12
3 RUUVIPAALUJEN TEKNISET OMINAISUUDET .....	13
3.1 Ruuvipaalujen teknisiä mittoja.....	14
3.2 Geotekniset ominaisuudet .....	14
3.3 Geotekninen kantavuus .....	15
3.3.1 Murtotavat.....	15
3.3.2 Murto yksittäisissä laipoissa.....	16
3.4 Veto- ja puristusmurto.....	16
4 RUUVIPAALUJEN KÄYTTÖKOhteita.....	18
4.1 Apurakennelmat.....	18
4.2 Autotallit ja -katokset.....	22
4.3 Asuinrakennukset ja huvilat .....	24
4.4 Julkiset rakennukset ja infra.....	26
5 RUUVIPAALUJEN ASENNUS .....	27
5.1 Yleiset asennusohjeet.....	27
5.2 Käsinasennus .....	27
5.3 Asennus polttomoottoriapulaitteella .....	28
5.4 Asennus hydraulisella pyörityslaitteella.....	29
5.5 Vaiheittainen asennus.....	31
5.6 Rakennelmien liittyminen ruuvipaaluun.....	37
6 KUSTANNUSVERTAILU .....	41

6.1 Kustannuslaskenta.....	41
6.2 Kustannusvertailun yhteenveto .....	45
7 YHTEENVETO.....	46
LÄHTEET .....	47
LIITTEET .....	49

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Ruuvipaalu, jossa alhaalta ylöspäin: kärki, kierrelaippa ja putkiosa .....	13
Kuvio 2. Ruuvipaaluilla kannakoitu aita.....	18
Kuvio 3. Ruuvipaalujen varaan rakennettu terassi .....	19
Kuvio 4. Ruuvipaalujen varaan rakennettu laiturit .....	20
Kuvio 5. Valopylväs ruuvipaaluperustuksella .....	21
Kuvio 6. Ruuvipaalujen varaan perustettu autokatos .....	22
Kuvio 7. Ruuvipaalujen varaan perustettu autokatos .....	23
Kuvio 8. Huvila perustettuna ruuvipaaluilla .....	24
Kuvio 9. Ruuvipaalujen varaan perustettu huvila .....	25
Kuvio 10. Ruuvipaalujen käsinasennus .....	28
Kuvio 11. Ruuvipaalujen asennus polttomoottorimaaporalla .....	29
Kuvio 12. Ruuvipaalujen asennus hydraulisella pyöritysmoottorilla .....	30
Kuvio 13. Asennettava ruuvipaalu.....	31
Kuvio 14. Ruuvipaalun päässä sijaitseva läpireikä.....	32
Kuvio 15. Ruuvipaalun kiinnitys pyörityslaitteeseen.....	33
Kuvio 16. Lähtöreiän kaivaminen .....	34
Kuvio 17. Ruuvipaalun kiertäminen maahan.....	35
Kuvio 18. Asennettu ruuvipaalu .....	36
Kuvio 19. U-kenkä käytössä aidan pilarin kannatukseen .....	37
Kuvio 20. Säädetty U-kenkä.....	37

Kuvio 21. Lattakiinnike käytössä lipputangon kannatukseen .....	38
Kuvio 22. Lattakiinnike .....	38
Kuvio 23. L-kiinnike käytössä vaakaniskan kannatukseen.....	39
Kuvio 24. L-kiinnike.....	39
Kuvio 25. Pulttikiinnikkeellä kannakoitu porras .....	40
Kuvio 26. Pulttikiinnike .....	40
Kuvio 27. Vertailukohde, autokatos.....	41

Taulukko 1. Vertailutaulukko, yleisimmin käytetyt ruuvipaalukoot.....	14
Taulukko 2. Geotekninen vetomurtokuorma murtorajatilassa .....	17
Taulukko 3. Geotekninen puristusmurtokuorma murtorajatilassa .....	17
Taulukko 4. Anturaharkkoperustus, työmenekki .....	42
Taulukko 5. Anturaharkkoperustus, työn hinta .....	43
Taulukko 6. Anturaharkkoperustus, materiaalien hinnat .....	43
Taulukko 7. Ruuviperustus, materiaalien hinnat .....	44
Taulukko 8. Ruuviperustus, työn hinta .....	44
Taulukko 9. Kustannusvertailun yhteenveto: taulukot 1-5.....	44



## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Ruuvipaalu</b>	Teräksinen rakentamisen perustamismenetelmä. Koostuu: kärkikappaleesta, kierrelaipasta ja putkiosasta. Maahan kierrettävä ja uudelleen käytettävä perustusmenetelmä.
<b>Perustus</b>	Rakennuksen maata vastaava osa. Määräytyy pääosin maaperän kantavuuden perusteella. Perustustyylejä on olemassa monia.
<b>Routaraja</b>	Maaperässä oleva vesi jäätyy, eli routii routarajaan asti.

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on ruuvipaaluperustus. Ruuvipaaluperustus aiheena oli kiinnostava, koska vuosien rakentamisen aikana on tullut vastaan kohteita, joissa olisi ollut mahdollisuus käyttää muitakin kuin ns. perintäisiä perustamistapoja ja ruuvipaaluperustus oli yksi vartenotettavimmista. Opinnäytetyössä pyritään käsittelemään ruuvipaaluperustusta mahdollisimman laajasti ja kattavasti.

Ruuvipaaluperustus on suhteellisen tuntematon perustusmuoto vielä monille rakennesuunnittelijoillekin ja osittain sen vuoksi sen käyttö on tähän mennessä ollut hyvin vähäistä. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ruuvipaaluperustuksen mahdollisuuksia sekä mahdollisia etuja ja haittoja verraten muihin perustusmenetelmiin. Asetettuihin tavoitteisiin pyritään pääsemään käyttämällä olemassa olevaa teorian tietoa aiheesta sekä soveltaen käytännön kokemusta.

Teoriaosuus työssä kertoo olennaisen eli mikä on ruuvipaalu, mihin sitä käytetään ja kuinka se asennetaan sisällyttäen ruuvipaalujen teknisiä ominaisuuksia. Tärkeimpinä lähteinä työtä tehdessä toimivat eri valmistajilta saatava tieto, sekä soveltaen käytännön kokemus aiheesta.

Liitteenä työssä on Paalupiste Oy:ltä saatu paalutuspöytäkirja. Se toimii liitteenä, sillä se kuuluu oleellisena osana suoritettavaan ruuvipaalujen asennustyöhön.

## 2 RUUVIPAALUN TAUSTA

### 2.1 Ruuvipaalu teoriassa

Ruuvipaalu on maahan kierrettävä perustusmenetelmä. Ruuvipaalu koostuu teräspannista ja sen päässä sijaitsevasta kierrelaipasta. Maahan kiertyessään kierrelaippa jättää maa-ainekseen uran, jonka kartio-osa täyttää. Tällä tavoin maa-aines saadaan tiivistymään laikan halkaisijan kokoiselta alueelta. Kierrelaippa antaa paalulle isomman pinta-alan, mikä takaa hyvän kantavuuden ja vetolujuuden. Ruuvipaalun tarkoituksena on porata kierrelaippa routarajan alapuolelle. Tämän perustuksen etuja ovat siis massiivisten maansiirtotöiden ja kaivamisen poisjääminen. (Paalupiste 2012.)

Pehmeät maalajit soveltuvat tähän perustamiseen parhaiten. Ruuvipaalu on uudelleen käytettävä perustusmuoto, sillä se voidaan kiertää ylös ja uudelleen asentaa. Ruuvipaaluilla voidaan perustaa kohteita jopa asuinrakennuksista pienkerrostaloihin. Perustusmenetelmää voidaan hyödyntää uudis- ja korjausrakentamisessa. (Paalupiste 2012.)

Ruuvipaaluperustus on sopiva kaikkiin sokkelityyppeihin, myöskin harkoille tai laatoille rakennettaessa. Ruuvipaaluperustuksen pituuden ylittäessä kolme metriä sitä tulee käsitellä ruuvipaaluna. Ruuvipaalu-perustusmenetelmä on nopea ja edullinen. Perustamistyyli sopii myös talvirakentamiseen sekä vedenalaiseen rakentamiseen. Ruuviperustus uppoaa maaperään vähäisellä voimalla ja asennus onnistuu myös asfaltin läpi ja kiviseen maaperään. Ruuvipaaluperustuksella on mahdollista korvata betoniperustukset, pilariperustukset ja perinteinen paalutus. (Paalupiste 2012.)

## 2.2 Ruuvipaalun historia

Ruuvipaalujen historia voidaan katsoa alkaneeksi antiikin Kreikassa. Arkimedes käytti veden nostoon Arkimedeeseen ruuvia yli 2200 vuotta sitten.

Suomessa ruuvipaaluja tiedetään käyttäneen 1800-luvulla Tammisaaren ja Hämeenlinnan rautatietyömaalla. Siellä halkaisijaltaan noin 10 cm putken ympärille oli rakennettu 1,5 metrin mittainen teräslaippa. (Maarakennus Niemeläinen 2008.)

Höyrymoottoreiden ja lyöntikaluston kehittyessä ruuvipaalut jäivät vähemmälle käytölle. Niin sanotun lyöntikaluston aika olikin 1900-luvulla. 2000-luvulle tultaessa on havaittu uudelleen, miten luontoa ja energiaa säästävä ruuvipaalu on. Teräsbetoniset paalut joudutaan mitoittamaan kestämään niiden kuljetuksen sekä asennuksen aikana lyönneistä kohdistuvat voimat. Tämän vuoksi pienemmän halkaisijan omaavia teräsbetonipaaluja ei monessa kohtaa voida käyttää. (Maarakennus Niemeläinen 2008.)

### 3 RUUVIPAALUJEN TEKNISET OMINAISUUDET



Kuvio 1. Ruuvipaalu, jossa alhaalta ylöspäin: kärki, kierrelaippa ja putkiosa (Käsinasennettava ruuvipaalu).

Kuviossa vasemmalla laatikoituna alhaalta ylöspäin ilmenee ruuvipaalun kärki, kierrelaippa sekä putkiosan alku. Oikealla esiintyy erimittaisia ruuvipaaluja. Ruuvipaalun pisin osa eli putkiosa alkaa kärkiosan ja kierrelaipan yläpuolella. (Kuvio 1.)

### 3.1 Ruuvipaalujen teknisiä mittoja

Taulukko 1. Vertailutaulukko, yleisimmin käytetyt ruuvipaalukoot

Valmistaja	Kierrelaipan halkaisija (mm)	Putken koko(mm)	Pituus (m)
Paalupiste	150	60.3 x 2.9	1.15
Paalupiste	150	60.3 x 2.9	1.65
Paalupiste	150	60.3 x 2.9	2.15
Ortkivi	150	60.3 x 2.9	0.9
Ortkivi	150	60.3 x 2.9	1.65
Ortkivi	150	60.3 x 2.9	2.15

(Ruuvipaalujen kokoluokat/pituudet).

Taulukossa 1 ilmenevät ruuvipaalujen yleisimmin käytettävät koot. Kyseiset ruuvipaalut ovat käsinasennettavia ruuvipaaluja. Taulukon ruuvipaalut ovat kuumasinkittyjä.

Ruuvipaaluja on saatavilla valmistajasta riippuen halkaisijaltaan 150 mm:n, 250 mm:n ja 400 mm:n kierrelaipoilla. Kierrelaipan halkaisijaltaan 150 mm:n ruuvipaalut ovat käsinasennettavia ja sitä suuremmat koneasennettavia (Kohta 5.). Ruuvipaalujen päihin on saatavilla erilaisia lisäosia, joilla kiinnitytään muihin rakenteisiin tai jatketaan ruuvipaalun pituutta (Kohta 5.6).

### 3.2 Geotekniset ominaisuudet

Maahan kierrettävän ruuviperustuksen suotuisimmat asennuspaikat ovat hiekkamaat sekä routivat hieta- ja savimaat. Ruuviperustus on myös mahdollista kiertää soraan, jonka raekoko on välillä 0–40 mm. Mikäli ruuviperustuksesta halutaan roudan kestävä, alalaippa tulee kiertää routarajan alapuolelle. Ilman

erityistoimenpiteitä ruuviperustusta ei voida kiertää savimoreeniin, louhokseen tai soraan, jonka raekoko on yli 50 mm. (Ortkivi 2012.)

Noin metrin syvyydellä esiintyy maaperässä anturamaata, tämä on kovaa liettyneen saven ja hienon hiekan seosta. Mikäli maaperässä esiintyy anturamaata, tulee siihen esiporata reikä, joka on kooltaan putken halkaisijan kokoinen ja tämän jälkeen ruuviperustus voidaan kiertää paikalleen. Ruuviperustuksen poraaminen on mahdollista myös asfaltin läpi tai kivettömään maahan koneellisesti. (Ortkivi.)

Ruuviperustus on suositeltavaa täyttää uretaanivaahdolla, joustobetonilla tai soralla, sen jäätyksen ja halkeamisen välttämiseksi, jos pohjavesi on metriä lähempänä maanpinnasta. Upotussyvyyden tulee olla 3–3,5 metriä pehmeissä maalajeissa ja 2 metriä kovissa ja keskikovissa maalajeissa vesistöjen pohjissa ja pohjaveden pinnan alapuolella. (Ortkivi.)

### **3.3 Geotekninen kantavuus**

#### **3.3.1 Murtotavat**

Ruuvipaalujen aksiaalinen kapasiteetti määräytyy joko yksittäisen levyn veto- ja puristusmurtona tai sylinterimurtona. Paalun geometriasta määräytyy käytettävä murtomalli. Paaluilla, joissa on useampi ruuvilaippa hyödynnetään joko yksittäisen ruuvilaipan murtoteoriaa tai lieriömurtoteoriaa, kun taas yhden ruuvilaipan paaluilla hyödynnetään levyn puristusmurtoa. Sovellettava murtomalli määräytyy paalun varressa sijaitsevien perättäisten ruuvien keskinäisten etäisyyksien (S) suhteesta ruuvien kierteiden halkaisijaan (B). (Rantala 2008, 7.)

Ruuvipaaluperustuksen käyttö on yleistä rakennuksissa, joihin kohdistuu tuulikuormista johtuvia vetokuormia, minkä vuoksi suuressa osassa tutkimuksia käsitellään niiden vetokapasiteettia. Puristuksen alla oleville ruuvipaaluille voidaan kuitenkin soveltaa lieriömurtopintaa myös sellaisenaan. Paalun kuormitustavasta riippumatta muodostuu murtopinta kahden ruuvikierteen välille samalla tavalla. (Rantala 2008, 7.)

### 3.3.2 Murto yksittäisissä laipoissa

Ruuvipaalu käsitetään levyankkuriksi, yhdeksi tai sarjaksi, jonka upotussyvyys on vaihteleva. Ruuvipaalun kantokyvyn ylittyessä tapahtuu veto- tai puristusmurto jokaisen yksittäisen levyn ala- tai yläpuolella. Monilaippaisen ruuvipaalun sovellettavuus yksittäisen levyn murtoteoriaan on riippuvainen levyjen keskinäisestä etäisyydestä. Yksittäisten ruuvikierteiden ala- tai yläpuolisen maan kantokyky muodostaa ruuvipaalun kokonaiskapasiteetin, näiden summaan lisätään maan ja paalunvarren välinen tartunta jokaisen kierteen yläpuolella ruuvipaalun tehokkaana toimivan varren pituudelta. (Rantala 2008, 7.)

Todellisesta laippojen välisestä etäisyydestä vähennetään kaksinkertainen ruuvikierteen halkaisija, joka muodostaa tehokkaan ruuvipaalun varren pituuden peräkkäisten laippojen välillä, joka pätee kuormitustavasta tai ympäröivästä maalajista riippumatta. Ruuvipaalua vedettäessä maa puristuu kasaan laippalevyn yläpuolella, jolloin tartunta häiriintyy ja samanaikaisesti laipan alapuolelle muodostuu tyhjä ontelo laipan noustessa ylöspäin, mistä johtuu tehokkaan varrenosan pituuden vähennys. (Rantala 2008, 8.)

### 3.4 Veto- ja puristusmurto

Taulukoissa ilmenevä maaperän suljettu leikkauslujuus kertoo maaperän leikkauslujuuden sen ollessa murtotilassa sisällyttäen sekä huokospaineen että jännitystilan vaikutuksen. Tavallisimpia määrittäytapoja ovat siipikairalla tehtävä koe sekä kartiokoe. (Ronkainen 2012, 42.)

Esimerkkinä vetomurrosta: ruuvipaalun kierrelaipan halkaisija on 250 mm, putkikoko on 76.1 x 6.3 mm. Maaperä on koheesiomaata. (Taulukko 2.)



Taulukko 2. Geotekninen vetomurtokuorma murtorajatilassa

	Maaperän suljettuleikkauslujuus $c_u$ [kPa]						
Upotussyvyys	15 kPa	20 kPa	30 kPa	40 kPa	50 kPa	60 kPa	70 kPa
1,5 m	6,7 kN	8,6 kN	12,6 kN	16,5 kN	20,4 kN	24,3 kN	28,3 kN
3 m	8,6 kN	10,8 kN	15,2 kN	19,6 kN	24,1 kN	28,5 kN	32,9 kN
4,5 m	9,8 kN	12,0 kN	16,4 kN	20,8 kN	25,2 kN	29,6 kN	34,1 kN
6 m	10,9 kN	13,2 kN	17,6 kN	22,0 kN	26,4 kN	30,8 kN	35,2 kN

(Geotekninen vetomurtokuorma).

Esimerkkinä puristusmurrosta: ruuvipaalun kierrelaipan halkaisija on 250 mm, putkikoko on 76.1 x 6.3 mm. Maaperä on koheesiomaata. (Taulukko 3.)

Taulukko 3. Geotekninen puristusmurtokuorma murtorajatilassa

	Maaperän suljettuleikkauslujuus $c_u$ [kPa]						
Upotussyvyys	15 kPa	20 kPa	30 kPa	40 kPa	50 kPa	60 kPa	70 kPa
1,5 m	10,4 kN	12,4 kN	18,6 kN	24,8 kN	31,1 kN	37,3 kN	43,5 kN
3 m	17,4 kN	22,1 kN	28,2 kN	32,0 kN	40,0 kN	48,0 kN	56,0 kN
4,5 m	22,1 kN	29,5 kN	42,0 kN	49,6 kN	54,0 kN	57,5 kN	67,1 kN
6 m	25,5 kN	34,0 kN	51,0 kN	64,3 kN	73,1 kN	78,9 kN	81,9 kN

(Geotekninen puristusmurtokuorma).

## 4 RUUVIPAALUJEN KÄYTTÖKOhteITA

### 4.1 Apurakennelmat

Ruuvipaaluja voidaan käyttää ns. apurakennelmiin. Näihin lukeutuvat mm. liikennemerkkit, valopylväät, aidat, terassit ja laiturit.



Kuvio 2. Ruuvipaaluilla kannakoitu aita (Paunonen 2014).

Ruuvipaaluperustusta käytettäessä aidan perustuksena paalun päähän lisätään yleensä pilarikiinnike (Kuvio 2). Ruuvipaalun pituutta valittaessa tulee huomioida aidan korkeus ja maaperä. Tuulikuorman vaikuttavat aidan malli ja ympäristö. Nyrkkisääntönä käytetään, että paalun pituus on noin aidan korkeuden verran. (Paaluperustajat 2013.)



Kuvio 3. Ruuvipaalujen varaan rakennettu terassi (Paunonen 2014).

Kun ruuvipaalut on kierretty korkoon tulee paalun yläpäähän lisätä kiinnike, joka on yleensä L-kiinnike, jossa on sivuttaissäätömahdollisuus. Em. kiinnikkeeseen kiinnitetään terassin runko. (Kuvio 3.)

Terassin korkeus maanpinnasta tulee huomioida ruuvipaalua valittaessa. Mikäli rakennuspaikka sijaitsee rinteessä, on mahdollista käyttää erimittaisia ruuvipaaluja. (Paaluperustajat 2013.)

Mikäli ruuvipaalu jää tukemattomana useita kymmeniä senttejä maanpinnan yläpuolelle, sitä voidaan tukevoittaa paaluhatulla eli ruuvipaalun ympärille valettavalla teräsbetonivahvikkeella. Mikäli teräsbetonivalulla tuetaan useampia ruuvipaaluja, käytetään termiä paaluantura. Lähtökohtaisesti em. toimenpide pyritään välttämään, sillä se vie ruuvipaaluperustuksen käytöstä sen taloudellisen hyödyn. Kyseisessä tilanteessa on syytä harkita vaihtoehtoisia perustamistapoja.





Kuvio 4. Ruuvipaalujen varaan rakennettu laituri (Paunonen 2014).

Ruuvipaalut soveltuvat myös vedenalaiseen perustamiseen (Kuvio 4). Riittävän pitkiä ruuvipaaluja käyttäen laituri voidaan asentaa riittävän korkealle vesirajasta siten, että jäät eivät pysty laiturin rakenteita liikuttamaan. Erityisesti kaivukonetta apuna käyttäen on erityisen helppo asentaa ruuvipaalut laiturin perustuksiksi. Ruuvipaaluperustusta käytettäessä laiturin kannakoinnissa vältetään laiturikellukkeiden käytöltä.



Kuvio 5. Valopylväs ruuvipaaluperustuksella (Paunonen 2014).

Valopylväisiin ruuviperustus sopii hyvin sen asennusnopeuden, tukevuuden ja edullisuuden vuoksi (Kuvio 5). Maanrakennus ja valutöitä ei tarvita. Erityisesti kyseisen ruuvipaalun hyvyys tulee esille sen tunkeutuessa routarajan alapuolelle, verrattaessa betonielementtirakenteiseen jalustaan, joka usein on vain 80 cm korkea.



## 4.2 Autotallit ja -katokset

Autotalleissa ja -katoksissa ruuvipaalut toimivat perustuksina rakennukselle. Ruuvipaaluja käyttäessä perustusten maansiirto työt jäävät pois tehden ruuvipaalun käytöstä nopean ja kustannustehokkaan perustamismenetelmän.



Kuvio 6. Ruuvipaalujen varaan perustettu autokatos (Paunonen 2014).

Ruuvipaalut tulee sijoittaa pilareiden ja seinien alle autokatosta perustettaessa (Kuvio 6). Paaluperustuksen päähän asennettavaan L- tai vastaavaan kiinnikkeeseen kiinnitetään seinän vaakajuoksu tai seinä. Puihin pystypilareihin on kätevin käyttää pilarikiinnikkeitä. (Paaluperustajat 2013.)

Perustamistapa voi olla erilainen riippuen siitä, tuleeko piharakennukseen lattia vai ei. Kyseinen autokatosmalli on yleisin perustustapa. Vaihtoehtoisena tapana voidaan lattia perustaa ensin ja asettaa piharakennus lattiarungon päälle. (Paaluperustajat 2013.)



Kuvio 7. Ruuvipaalujen varaan perustettu autokatos  
(Paunonen 2014).

Yleisesti ottaen kohteissa, joissa ilmenee mahdollisia muutostarpeita ajan kuluessa, ruuvipaaluperustuksen uudelleenkäytettävyys on hyvä ja edullinen tapa. (Kuvio 7.)



### 4.3 Asuinrakennukset ja huvilat



Kuvio 8. Huvila perustettuna ruuvipaaluilla (Paunonen 2014).





Kuvio 9. Ruuvipaalujen varaan perustettu huvila  
(Paunonen 2014).

Asuinrakennuksissa ja huviloissa ruuviperustusta on käytetty suhteellisen vähän, sillä se ei ole monella suunnittelijalla vielä yleisessä tiedossa. Takala (Rakennusmaailma 2014) toteaa, että rakennesuunnittelijat eivät vielä tunne kyseistä perustamistapaa eivätkä siten pidä sitä luotettavana.

#### **4.4 Julkiset rakennukset ja infra**

Ruuviperustusta on mahdollista käyttää jopa raskaammissa rakennuksissa. Näihin lukeutuvat mm. päiväkodit, meluaidat, sekä infran kannakointi.

Hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää ns. parakkikouluja sekä mobiilimallisia kouluja. Tällöin koulu on siirrettävissä, kun asuntoalueen oppilasmäärä vähenee asuntoalueen väestön vanhetessa. Myös pysyviä koulurakennuksia tehdään rossi-rakenteella eli tuulettuvalla alapohjarakenteella.

Erityisesti liikenteelle väliaikaisia rakenteita tehtäessä, kuten meluaitoja tehtäessä, ruuviperustus on monessa kohtaa jopa ainoa vaihtoehto. Se vaatii vähän tilaa ja se on nopea asentaa ja nopea purkaa. Tosin se soveltuu hyvin myös pysyviin meluaitoihin.

Erilaisten putki- ja johtokanavien kannakointiin irti maasta, missä kaivuita ei voida suorittaa, ruuviperustus on hyvä vaihtoehto. Lisäksi ruuviperustusmenetelmällä voidaan tehdä vesistöjen ylityksiä, esim. satama-alueet, terminaalit, lämpölaitokset ja tehdasalueet.

## **5 RUUVIPAALUJEN ASENNUS**

### **5.1 Yleiset asennusohjeet**

Ennen ruuvipaalujen asennusta tulee kartoittaa asennuspaikalla kulkevat puhelin-, sähkö-, ja antennikaapelit sekä viemäri- ja vesiputkien sijainnit. Em. linjojen sijainti tulee olla etäisyydeltään puolen metrin päässä asennetun ruuvipaalun alapuolella. Pohjatutkimus ja perustussuunnitelma vaaditaan, mikäli kohteen koko on suuri. Ruuviperustusta on myös mahdollista jatkaa jatkoholkkien apuna käyttäen. Rakenteen kiinnittämistä varten on ruuviperusteiden päihin saatavilla erilaisia soviteosia. (Ortkivi.)

Lähtökohtaisesti ruuvipaalu pyritään aina kiertämään oikeaan asentoon. Mikäli ruuvipaalun kiertäminen oikeaan asentoon ei onnistu, rakennesuunnittelija voi muuttaa ruuvipaalun paikkaa keskusteltuaan asiasta pääsuunnittelijan kanssa. Mikäli yksittäisen ruuvipaalun tai paaluryhmän suurin sallittu poikkeama ei ylitä sallittuja arvoja, ruuvipaalun maan yläpuolelle jäävä pää voidaan leikata suoraksi.

### **5.2 Käsinasennus**

Käsin asennettavat ruuvipaalut soveltuvat ahtaisiin kohteisiin, missä tilaa ympärillä ei ole paljoa ja paikalle pääsy raskaammalla kalustolla on hankalaa. Vipuvartta apuna käyttäen ruuvipaalua kierretään myötäpäivään n. 30 cm syvään lähtöreikään. Lähtöreikä voidaan lyödä maahan rautakangella, mikä soveltuu hyvin ruuvipaalun kiertämisen vipuvarreksi. (Käsin- ja koneasennettavien ruuvipaalujen asennusohjeet.)



Kuvio 10. Ruuvipaalujen käsinasennus (Paunonen 2014).

Ruuvipaalun yläpäässä on halkaisijaltaan noin 40 mm reikä, josta vipuvarsi saadaan asetettua lävitse (Kuvio 10). Tämän jälkeen ruuvipaalua myötäpäivään kiertämällä ja alaspäin painamalla se saadaan uppoamaan maaperään. Kun ruuvipaalu on saatu uppoamaan maaperään, sen suoruus ja sijainti on hyvä tarkastaa. (Käsin- ja koneasennettavien ruuvipaalujen asennusohjeet.)

Mikäli routaeristyksestä halutaan välttyä, ruuvipaalun kierrelaippa tulee kiertää routarajan alapuolelle. Ruuvipaalun korkoon asennus tapahtuu joko myötäpäivään kiertämällä tai vaihtoehtoisesti se katkaistaan haluttuun korkeuteen. (Käsin- ja koneasennettavien ruuvipaalujen asennusohjeet.)

### 5.3 Asennus polttomoottoriapulaitteella

Ruuvipaalun asennus polttomoottoriapulaitetta hyödyntäen on kannattavaa silloin, kun asennettavia ruuvipaaluja on useita. Polttomoottorilla toimivan maaporan käyttöön vaaditaan kaksi asentajaa. Maaporalla asennetaan pääsääntöisesti käsinasennettavia ruuvipaaluja, mutta sillä pystytään myös asentamaan



koneasennettavia ruuvipaaluja kierrelaipan halkaisijan ollessa 150 mm. (Käsin- ja koneasennettavien ruuvipaalujen asennusohjeet.)



Kuvio 11. Ruuvipaalujen asennus polttomoottorimaaporalla (Paunonen 2014).

Asennus tapahtuu siten, että ruuvipaalun kärki asetetaan esilyötyyn n. 30 cm syvään lähtöreikään, jonka jälkeen maaporaa hyödyntäen ruuvipaalu kierretään n. 50 cm syvälle ja tarkastetaan sen suoruus ja sijainti. Ruuvipaalun kierralaippa tulisi kiertää routarajan alapuolelle. Ruuvipaalun korkoon asettaminen maaporalla suoritettussa asennuksessa tapahtuu myötäpäivään kiertämällä (Kuvio 11). Loppukorkoon asettamisessa olisi suositeltavaa käyttää vipuvartta apuna. (Käsin- ja koneasennettavien ruuvipaalujen asennusohjeet.)

#### **5.4 Asennus hydraulisella pyörityslaitteella**

Hydraulista pyörityslaitetetta käytetään yleisimmin kytkettynä kaivinkoneeseen. Kaivinkoneella asennettavat ruuvipaalut ovat lähes poikkeuksetta



koneasennettavia ruuvipaaluja. Koneasennettavat ruuvipaalut soveltuvat kohteisiin, joissa on kovempi maaperä ja asennettavia ruuvipaaluja on useita. Ruuvipaalujen koneasennus on nopeampi tapa kuin käsinasennus. (Käsin- ja koneasennettavien ruuvipaalujen asennusohjeet.)



Kuvio 12. Ruuvipaalujen asennus hydraulisella pyöritysmoottorilla (Paunonen 2014).

Hydraulisella pyöritysmoottorilla asennus tapahtuu esilyötyyn lähtöreikään. Ruuvipaalua kierretään hydraulisella pyöritysmoottorilla, jolloin se saadaan uppoamaan maaperään (Kuvio 12). Ruuvipaalun suoruus ja sijainti tarkistetaan, kun se on saatu uppoamaan n. 50 cm maaperään. Ruuvipaalun kierrelaippa pyritään kiertämään routarajan alapuolelle ja se kierretään myötäpäivään haluttuun korkoon. (Käsin- ja koneasennettavien ruuvipaalujen asennusohjeet.)

## 5.5 Vaiheittainen asennus



Kuvio 13. Asennettava ruuvipaalu

Ruuvipaalut ovat kuljetettuna työmaalle ja tarvittava asennuskalusto on paikalla. Kaapeli- ja putkilinjojen sijainti on kartoitettu ja on varmistuttu, ettei asennuspaikalla kulje em. linjoja. Korkoonasettamista varten työmaalla on lasermittalaite ja asennustyötä avustamaan on saapunut kirvesmies. (Kuvio 13.)





Kuvio 14. Ruuvipaalun päässä sijaitseva läpireikä

Kaivukoneeseen asennetun hydraulisen pyörityslaitteen holkki asetetaan ruuvipaalun pään lävitse. Ruuvipaalun päässä ja pyörityslaitteen holkissa sijaitsevat läpireiät (Kuvio 14).





Kuvio 15. Ruuvipaalun kiinnitys pyörityslaitteeseen

Ruuvipaalun pään läpireiän ollessa kohdakkain hydraulisen pyörityslaitteen holkin läpireiän kanssa, niiden läpi asetetaan kiinnityskappale (Kuvio 15). Kiinnityskappale sitoo komponentit yhteen asennuksen ajaksi, jonka jälkeen se irroitetaan.



Kuvio 16. Lähtöreiän kaivaminen

Ennen asennuksen aloittamista maahan kaivetaan lähtöreikä (Kuvio 16). Ruuvipaalun kärki sijoitetaan esivalmisteltuun lähtöreikään ja ruuvipaalua aletaan kiertämään kaivukoneen hydraulista pyörityslaitetta hyödyntäen. Ruuvipaalun lähtiessä kiertymään maaperään, sen suoruus ja sijainti tulee tarkastaa kiertämisen alkuvaiheessa.



Kuvio 17. Ruuvipaalun kiertäminen maahan

Ruuvipaalun lähestyessä haluttua korkoa tulee sen kiertäminen keskeyttää ja laser-mittalaitetta hyödyntäen tarkistaa sen etäisyys halutusta korosta. Viimeiset pyöräytykset tulee tehdä suhteellisen varovasti, ettei ruuvipaalun pää kierry halutun koron alle. Vaihtoehtoisesti ruuvipaalu jätetään halutun koron yläpuolelle ja se katkaistaan haluttuun korkoon. (Kuvio 17.)





Kuvio 18. Asennettu ruuvipaalu

Ruuvipaalu on asennettuna maahan ja sen päähän on kiinnitetty haluttu kiinnikeosa (Kuvio 18). Kun kaikki ruuvipaalut on asennettuna maahan, voidaan aloittaa rakentaminen perustuksista ylöspäin.

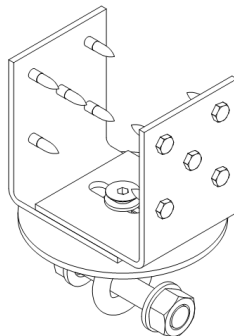
## 5.6 Rakennelmien liittyminen ruuvipaaluun

Ruuvipaalujen päihin on olemassa erilaisia lisäosia, jotka saattavat poiketa eri valmistajien mukaan. Liittyminen muihin rakenteisiin tapahtuu siten, että ruuvipaalun päähän kiinnitetään käytettävä lisäosa, joita ovat mm. erilaiset pulttikiinnikkeet, lattakiinnikkeet, L-kiinnikkeet, kulmakiinnikkeet, U-kengät sekä jatkoholkit.



Kuvio 19. U-kenkä käytössä aidan pilarin kannatukseen (Paunonen 2014).

U-kenkä on kiinnitetty ruuvipaalunpäähän läpi pultilla, joka asetetaan ruuvipaalun päässä sijaitsevien reikien lävitse. U-kengässä on naulausreiät, joista kiinnitys pilariosaan tapahtuu esim. ruuvien avulla. U-kenkiä on saatavilla erikokoisina valmistajasta ja käyttökohteesta riippuen. U-kenkiä käytetään pääasiassa pilarien kiinnitykseen. (Kuvio 20.)



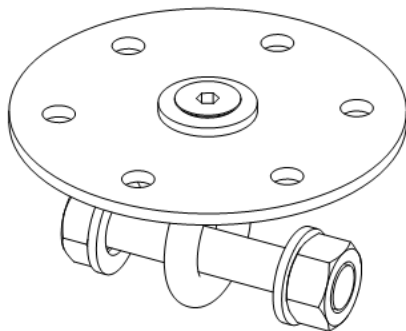
Kuvio 20. Säädettävä U-kenkä (Materiaalipankki).





Kuvio 21. Lattakiinnike käytössä lipputangon kannatukseen (Paunonen 2014).

Lattakiinnike kiinnitetään ruuvipaalun päähän läpipultilla ruuvipaalun päässä sijaitsevien reikien lävitse. Lattakiinnikkeen pohjassa sijaitsevista reistä voidaan kiinnitys yhdistyvään rakenteeseen suorittaa läpipultein. Lattakiinnikettä voidaan käyttää esim. lipputangoissa, valopylväissä ja erilaisissa mainoskylteissä. (Kuvio 22.)

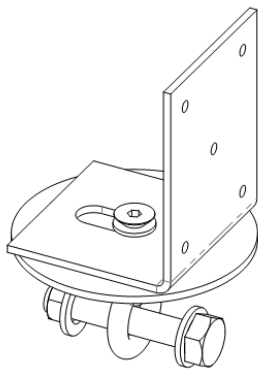


Kuvio 22. Lattakiinnike (Materiaalipankki).



Kuvio 23. L-kiinnike käytössä vaakaniskan kannatukseen (Paunonen 2014).

L-kiinnike kiinnitetään ruuvipaalun päähän läpipultilla, joka asetetaan ruuvipaalun päässä sijaitsevien reikien lävitse. L-kiinnikkeessä sijaitsevien naulausreikien lävitse voidaan kiinnitys yhdistyvään rakenteeseen suorittaa esim. ruuveilla tai ankkurinauloilla. L-kiinnikkeen yleisin käyttökohde on vaakajuoksun kiinnittäminen ruuvipaaluun. (Kuvio 24.)



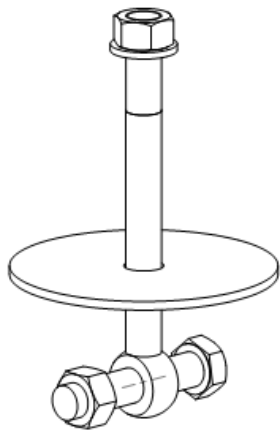
Kuvio 24. L-kiinnike (Materiaalipankki).





Kuvio 25. Pulttikiinnikkeellä kannakoitu porras  
(Paunonen 2014).

Pulttikiinnike kiinnitetään ruuvipaalun päähän läpipultilla, joka asetetaan ruuvipaalun päässä sijaitsevien reikien lävitse. Pulttikiinnikkeen tarkoitus on sitoa yhdistyvä rakenne ruuvipaaluun läpipultin avulla. (Kuvio 25.)



Kuvio 26. Pulttikiinnike  
(Materiaalipankki).



## 6 KUSTANNUSVERTAILU

### 6.1 Kustannuslaskenta



Kuvio 27. Vertailukohde, autokatos

Kustannusvertailun kohteena toimii Kiinteistö Oy:n Alahärmään vuonna 2014 kesällä rakennettu autokatos, joka on perustettu ruuvipaaluilla. Kustannusvertailu tapahtuu ruuviperustuksen ja anturaharkkoperustuksen välillä. Laskennoissa ilmenee työ- ja materiaalimenekit kumpaakin perustamistapaa käyttäen.

Kyseessä on kolmen henkilöauton autokatos. Pinta-alaa autokatoksella on 54 m<sup>2</sup>, sivumitat 6 m x 9 m.

Taulukko 4. Anturaharkkoperustus, työmenekki

Työvaihe	Yksikkö	Määrä	Menekki	TL3	Suorite-	Kokonais-
			tth/yks		määräkerroin	työmenekki
						tth
<b>Maanrakennus työt</b>						
Maankaivu	m3ktr	12,5	0,018	1,250	1,26	0,4
Kaivumassojen kuljetus	kuorma	6	0,200	1,250	1	1,5
Kuitukankaan asennus	m2	35	0,004	1,250	1	0,2
Perustusten alustäyttö ja tiivistys (tth)	m3rtr	6	0,063	1,250	1	0,5
Perustusten alustäyttö ja tiivistys (kone-h)	m3rtr	6	0,063	1,250	1	0,5
Perusmuurin vierustäyttö ja tiivistys (tth)	m3rtr	6	0,058	1,250	1	0,4
Perusmuurin vierustäyttö ja tiivistys (kone-h)	m3rtr	6	0,058	1,250	1	0,4
<b>Putkiasennus</b>						
Salaojaputkien asennus	jm	30	0,100	1,250	1	3,8
Kaivojen asennus	kpl	4	1,000	1,250	1	5,0
<b>Routasuojalevyjen asennus</b>						
Pinnan tasoitus ja levyjen ladonta	m2	80	0,030	1,200	1	2,9
<b>Lautamuottityö</b>						
Anturat, pystytys	muotti-m2	9,8	0,430	1,125	1,1	5,2
Anturat, purku ja puhdistus	muotti-m2	9,8	0,350	1,125	1,1	4,2
<b>Raudoitus</b>						
Anturat, keskirauta 10 mm x 4	1000kg	0,072	8,500	1,200	1,5	1,1
Koneellinen katkaisu ja taivutus	1000kg	0,072	2,850	1,200	1,5	0,4
<b>Betonointi</b>						
Anturat, pumppubetonointi	m3	6	0,250	1,150	1,19	2,1
<b>Harkkomuuraus</b>						
Perustukset, mittaus	m2	12,6	0,010	1,200	1,14	0,2
Laastinvalmistus, mylly	m2	12,6	0,023	1,200	1,14	0,4
Ohutsaumamuuraus	m2	12,6	0,340	1,200	1,14	5,9
Siivous	m2	12,6	0,010	1,200	1,14	0,2
<b>Yhteensä</b>						<b>35,1</b>

Taulukko 5. Anturaharkkoperustus, työn hinta

	Määrä	Yksikkö	Tuntihinta		Alv	Yhteenä	
					24 %		
RAM	32,5	tth	30	€/h	7,2	1209	
KKHt, 14 tn	4	kone-h	50	€/h	12	248	
Kaivumassojen kuljetus	2	kone-h	40	€/h	9,6	99	
<b>Yhteensä</b>						<b>1 556,20 €</b>	
Kaivuu-urakoitsijan minimi laskutus on 4 tuntia (kone-h).							

Taulukko 6. Anturaharkkoperustus, materiaalien hinnat

Materiaali	Yksikkö	Määrä	Hukka	Hinta	Yksikkö	Hinta
			%	(sis. Alv.)		
<b>Pohjamateriaali</b>						
Murske 0-65mm	tn	28	5 %	9	€/tn	265
Suodatinkangas	m2	35	10 %	0,77	€/m2	30
Routaeristeet	m2	80	10 %	9,42	€/m2	829
<b>Kuivatusjärjestelmät</b>						
Salaojaputket	jm	30	5 %	2,82	€/jm	89
Kaivot	kpl	4	0 %	50,9	€/kpl	204
<b>Lautamuotit</b>						
Sahatavara 22x100	jm	130	10 %	0,56	€/jm	80
Sahatavara 50x100	jm	120	10 %	1,64	€/jm	216
<b>Antura</b>						
Teräokset	jm	120	10 %	0,72	€/jm	95
Massa k30	m3	6	10 %	100	€/jm3	660
<b>Sokkeli</b>						
Harkot	kpl	130	10 %	2,07	€/kpl	296
Laasti	kg	195	10 %	0,22	€/kg	47
Teräokset	jm	88	10 %	0,28	€/jm	27
<b>Yhteensä</b>						<b>2 837,54 €</b>

Taulukko 7. Ruuviperustus, materiaalien hinnat

Materiaali	Yksikkö	Määrä	Hukka %	Hinta	Yksikkö	Hinta	
<b>Perustukset</b>							
Ruuvipaalu	kpl	10	0 %	79,8	€/kpl	798	
Kulmakiinnikke	kpl	2	0 %	20	€/kpl	40	
L-kiinnikke	kpl	6	0 %	19	€/kpl	114	
U-kenkä	kpl	2	0 %	29	€/kpl	58	
<b>Yhteensä</b>						<b>1 010,00 €</b>	(sis. Alv.)
( Kohteessa käytetyt ruuvipaalut: pituus 2.20m, putken koko 60mm x 2.9mm, kierrelaipan halkaisija 150 mm.)							
(Kohteessa ei käytetty routaeristystä.)							

Taulukko 8. Ruuviperustus, työn hinta

	Määrä	Yksikkö	Tuntihinta		Alv	Yhteenä	
					24 %		
RM	6	tth	30	€/h	7,2	223	
KKHt, 5 tn	6	kone-h	40	€/h	9,6	298	
<b>Yhteensä</b>						<b>520,80 €</b>	

Taulukko 9. Kustannusvertailun yhteenveto: taulukot 1-5

Ruuviperustuksen hinta		Anturaharkkoperustuksen hinta	
	Hinta (sis. Alv.)		Hinta (sis. Alv.)
Työn osuus	520,80 €	Työn osuus	1 556,20 €
Materiaalien osuus	1 010,00 €	Materiaalien osuus	2 837,54 €
Yhteensä	1 530,80 €	Yhteensä	4 393,74 €
	Kustannus ero €		
	2 862,94 €		
	Kustannus ero %		
	35 %	normaalin harkkoperustuksen hinnasta	

## 6.2 Kustannusvertailun yhteenveto

Anturaharkkoperustuksen työmenekin osalta on käytetty Ratu 2010 (Rakennustöiden menekit) laskentaohjetta. Materiaaleista on saatu tarjous paikallisesta rautakaupasta. Ruuviperustukseen on käytetty urakoitsijan antamia hintoja ja lasketut hinnat ovat myös toteutuneet hyvin saman kaltaisina toteutetussa kohteessa. Anturaharkkoperustus on toteutettu lähes samantyyppisen autokatokseen toisaalla olevaan kohteeseen ja kustannuslaskenta on toteunut lähes identtisenä.

Kyseisen esimerkki kohteen kustannukset ovat anturaharkkoperustuksen kohdalla 4393,74 € ja ruuviperustuksen kohdalla 1530,80 €. Hinnan eroksi siis jää 2862,94 €, joka tekee ns. perinteisestä perustamistavasta 287 % kalliimman kuin ruuviperustuksesta.

Lisäksi kustannusero laskennasta puuttuu maanrakennustöistä aiheutuvat mahdolliset muut häiriötekijät asukkaille ja vallitsevalle ympäristölle. Pienellä hydraulisella kaivukoneella tehtynä ruuvipaalujen asennus aiheuttaa ympäristölleen vain normaalin liikenteen taustamelun. Ruuviperustuksen häiriötekijöiksi mainittakoon maaperässä mahdollisesti sijaitsevat isohkot kivet ja juuret, jotka voivat estää paalun asennuksen haluttuun upotussyvyyteen. Ratkaisuna em. ongelmaan voisi olla esim. ruuvipaalun sijainnin muuttaminen, mikäli se on mahdollista tai vaihtoehtoisesti valita asennustavaksi koneellisen asennuksen käsin asennuksen sijaan, jolloin ruuvipaalun asennukseen saadaan lisää voimaa.

## 7 YHTEENVETO

Valitsin opinnäytetyön aiheeksi ruuviperustuksen, koska kolmen vuoden opiskelujen aikana törmäsin useasti työmailla kohteisiin, joissa olisi ollut mahdollisuus käyttää muitakin kuin antura- tai laattaperustusta. Työmailla nousi esiin muita perustamistapoja kuten ruuviperustus, koska kotiseutuni on rannikkoaluetta ja vapaa-ajan asuntojen rakentaminen on alueella aktiivista. Yksi syy tähän oli myös se, että usein kohteet saattavat sijaita vaikeakulkuisella alueella, jonne betoniautolla on hankala päästä.

Opinnäytetyötä aloittaessani otin yhteyttä useisiin jälleenmyyjiin ja valmistajiin, mutta tiedon saanti oli hyvin nihkeää. Lopuksi Etelä-Suomessa toimiva valmistaja osoittautui yhteistyöhaluisammaksi ja sain tarvittavaa materiaalia opinnäytetyötäni varten. Kuitenkin tieteellinen kirjallisuus kyseisestä aiheesta osoittautui hyvin vähäiseksi, joka osakseen rajoitti työn laajuutta.

Kuten esimerkki kustannuslaskennassa voidaan todeta, säästö voi pienissäkin rakennuksissa olla jopa tuhansia euroja. Ruuviperustuksen asennusnopeus osoittautui työmaakäynneillä hyvin nopeaksi ja uskon, että niiden käyttö tulee yleistymään erityisesti opinnäytetyössä esiintyvissä esimerkkikohteissa. Olin jopa itsekin yllättynyt vieraillessani asennuskohteissa ruuviperustuksen asennuksen nopeudesta ja vaivattomuudesta.

## LÄHTEET

- Maarakennus Niemeläinen Oy. 2008. Suomalainen ruuvipaalutekniikka. [Verkkosivu]. Reijola. [Viitattu 3.10.2014]. Saatavana: [http://www.maarakennus.net/?page\\_id=33](http://www.maarakennus.net/?page_id=33)
- Ortkivi Oy. 2012. Ruuviperustusmenetelmä. [Verkkojulkaisu]. Lohja. [Viitattu 15.10.2014]. Saatavana: <http://www.ortkivi.fi/img/RT38187.pdf>
- Ortkivi Oy. Ei päiväystä. Asennusohjeet. [Verkkojulkaisu]. Lohja. [Viitattu 30.10.2014]. Saatavana: [http://www.ortkivi.fi/img/asennusohjeet\\_kasi.pdf](http://www.ortkivi.fi/img/asennusohjeet_kasi.pdf)
- Paaluperustajat Oy. 2013. Käyttökohteet. [Verkkosivu]. Mustasaari. [Viitattu 18.11.2014]. Saatavana: <http://www.paaluperustajat.fi/>
- Paalupiste Oy. 2012. Ruuvipaalu – nopea perustusmenetelmä. [Verkkosivu]. Porvoo. [Viitattu 1.10.2014]. Saatavana: <http://paalupiste.com/fi/ruuvipaalu-nopea-perustusmenetelma>
- Paalupiste Oy. Ei päiväystä. Geotekninen puristusmurtokuorma. [Verkkojulkaisu]. Porvoo. [Viitattu 15.11.2014]. Saatavana: <http://www.rakennusfakta.fi/ruuvipaalujen-puristusmurtokuorma-taulukoita-970733/tiedosto-files/Ruuvipaalujen%20%20puristusmurtokuorma-taulukoita.pdf>
- Paalupiste Oy. Ei päiväystä. Geotekninen vetomurtokuorma. [Verkkojulkaisu]. Porvoo. [Viitattu 15.11.2014]. Saatavana: <http://www.rakennusfakta.fi/ruuvipaalun-geotekninen-vetomurtokuorma-970732/tiedosto-files/Ruuvipaalujen%20vetomurtokuorma-taulukoita.pdf>
- Paalupiste Oy. Ei päiväystä. Käsinasennettava ruuvipaalu. [Verkkojulkaisu]. Porvoo. [Viitattu 5.1.2014]. Saatavana: <http://paalupiste.com/fi/ruuvipaalu/asennus>
- Paalupiste Oy. Ei päiväystä. Käsini- ja koneasennettavien ruuvipaalujen asennusohjeet. [Verkkojulkaisu]. Porvoo. [Viitattu 1.12.2014]. Saatavana: <http://paalupiste.com/sites/default/files/Asennusohje.pdf>
- Paalupiste Oy. Ei päiväystä. Materiaalipankki. [Verkkojulkaisu]. Porvoo. [Viitattu 5.1.2014]. Saatavana: <http://paalupiste.com/fi/materiaalipankki>
- Paalupiste Oy. Ei päiväystä. Ruuvipaalujen kokoluokat/pituudet. [Verkkojulkaisu]. Porvoo. [Viitattu 10.10.2014]. Saatavana: <http://paalupiste.com/sites/default/files/Esite.pdf>

Paunonen, T. 2014. [Valokuvia].

Rakennusmaailma. 15.9.2014. Ruuvipaalu käy raskaankin talon alle.  
[Verkojulkaisu]. Helsinki: Otavamedia Oy. [Viitattu 10.12.2014]. Saatavana:  
<http://rakennusmaailma.fi/artikkelit/ruuvipaalu-kay-raskaankin-talon-alle>

Rantala, J. 14.10.2008. Ruuvipaalujen geotekninen mitoittaminen.  
[Verkojulkaisu]. Porvoo: Paalupiste Oy. [Viitattu 5.11.2014]. Saatavana:  
[http://www.rakennusfakta.fi/ruuvipaalujen-geotekninen-mitoitusohje-970734/tiedosto-files/Ruuvipaalujen%20geotekninen%20mitoittaminen\\_Paalupiste%20Oy.pdf](http://www.rakennusfakta.fi/ruuvipaalujen-geotekninen-mitoitusohje-970734/tiedosto-files/Ruuvipaalujen%20geotekninen%20mitoittaminen_Paalupiste%20Oy.pdf)

Ronkainen, N. 2012. Suomen maalajien ominaisuuksia. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. [Viitattu 10.11.2014]. Saatavana:  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38773/SY2\\_2012\\_Suomen\\_maalajien\\_ominaisuuksia.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38773/SY2_2012_Suomen_maalajien_ominaisuuksia.pdf?sequence=1)



## **LIITTEET**

Liite 1. Paalutuspöytäkirja

Paalupiste 2014

Sivu:      /     

[illegible]

**Huomautuksia/Lisätietoja:**

Paalupiste 2014